

GLIEDERUNG VON FLUSS- UND BACHBEGLEITENDEN VEGETATIONSKOMPLEXEN IM SCHWARZWALD

357

MIT MULTIVARIATEN METHODEN UND IHRE BEZIEHUNG ZU UMWELTFAKTOREN

ANGELIKA SCHWABE UND ANSELM KRATOCHWIL

ZUSAMMENFASSUNG

Insgesamt 205 Aufnahmen von Fließgewässer-Vegetationskomplexen aus dem gesamten Schwarzwald wurden, nachdem eine klassische Gliederung bereits vorlag, mit multivariaten Methoden bearbeitet. Die DCA (Detrended Correspondence Analysis) differenziert einerseits nach dem Grad des menschlichen Einflusses, andererseits kristallisieren sich die Fließgewässer-Komplexe in den Kaltluft-Gebieten sowie die Höhengradienten heraus. Einzelne Komplexe mit einer biogeographischen Sonderstellung der Charaktergesellschaften (z. B. *Alnetum incanae*) werden in der DCA nicht klar abgegrenzt, sondern mit den anderen Komplexen der Kaltlufttäler vermischt, da diese sich durch eine Reihe gemeinsamer Gesellschaften auszeichnen. Hier müssen sich beide Methoden (klassische Tabellenarbeit, multivariate Analyse) ergänzen.

Allgemein lassen sich über die Methode der Vegetationskomplex-Analyse für die Fließgewässer und ihre Ufer sehr gut Grade der menschlichen Beeinflussung sowie prägende Standortfaktoren (wie z. B. Winterkälte, Höhenlage) herausarbeiten und zwar sowohl mit konventionellen Methoden als auch mit multivariaten Ansätzen. Es können somit Leitbilder z. B. für die Renaturierung von gestörten Fließgewässerabschnitten mit Hilfe des Studiums von Leitbild-Komplexen entwickelt werden. Die multivariate Bearbeitung von Vegetationskomplex-Aufnahmen macht das Verfahren in höherem Maße objektivierbar und hilft z. B. typische Bestände zu identifizieren, die dann als Modelle dienen können. Die methodischen Ergebnisse dieser Studie aus dem

Schwarzwald lassen sich auf andere Regionen übertragen.

ABSTRACT

Altogether 205 relevés of running-water vegetation complexes throughout the Black Forest were analysed by multivariate methods. For this dataset a conventional phytosociological classification already existed. DCA (Detrended Correspondence Analysis) shows a clear differentiation of the intensity of human impact as well as the separation of running-water complexes in the areas which are very cold in winter. The altitudinal gradient is also depicted here. Single complexes with exceptional biogeographical rank (e. g. *Alnetum incanae*) are not clearly separated in the DCA, but mixed with other complexes in the cold-winter valleys. Many communities are shared in these areas; hence the high grades of similarity. In these cases conventional and multivariate approaches should complement each other. In general the study of running-water vegetation complexes produces important information about the intensities of human impact and decisive habitat factors such as low temperatures in winter or the altitudinal gradient. This is true for conventional as well as multivariate classification. Targets for the restoration of disturbed running-water vegetation complexes can be worked out by examining target vegetation complexes. Multivariate methods provide a more objective approach and help, e. g., to find typical stands, which can serve as models. These methodological results from the Black Forest study can be transferred to other areas.

EINFÜHRUNG

358 Die fluss- und bachbegleitenden Vegetationskomplexe im Schwarzwald spiegeln in besonderer Weise die Vielfalt von Geofaktoren und anthropogenen Einflüssen wider. Kaum ein anderer Lebensraumtyp konzentriert die Einflüsse des Umlandes so sehr wie Fließgewässer und ihre Ufer, daher wurden sie auch in verschiedenen Studien als Modellobjekt für die Untersuchung von Vegetationskomplexen herangezogen.¹ Die Gliederung der Komplextypen erfolgte in diesen Arbeiten mit klassischen Methoden der Tabellenbearbeitung nach den charakterisierenden Gesellschaften, so wie es in den ersten Arbeiten zur Sigmasoziologie (Sigma: Summe der aufbauenden Vegetationstypen) üblich war.² Ein Vegetationskomplex ist durch eine typisierbare Kombination von Pflanzengesellschaften oder Bestandestypen gekennzeichnet, die zumeist spezifische Landschaftsausschnitte besiedeln.³ Wir verwenden in dieser Arbeit das von Schwabe⁴ erhobene Aufnahmematerial und analysieren, welche Differenzierung der Komplexe sich ergibt, wenn man diese Daten erstmals mit modernen multivariaten Methoden bearbeitet. Können mit diesem sehr objektiven Verfahren z. B. die Höhengradienten oder die Besonderheiten der Kaltluft-reichen, glazial überformten Täler südlich des Feldbergs (Bernauer und Menzenschwander Alb, Alb bei St. Blasien) herausgearbeitet

werden? Leitgesellschaft für letztere ist der im Schwarzwald für die Kaltlufttäler spezifische Grauerlenwald (*Alnetum incanae*), der auch aktuell im Jahre 2010 zumeist gut entwickelte Galeriewald-Bestände ausbildet. Es ist zu vermuten, dass diese Bestände bereits im frühen Postglazial im Gebiet vertreten waren; in Zeiten historischer Waldnutzung wurden sie auch zur Holzkohle-Gewinnung genutzt (z. B. an der Menzenschwander Kluse).⁵ Ende des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts waren Galeriewaldbestände jedoch durch intensive Nutzung zurückgedrängt, wie z. B. Bilder von Hans Thoma aus dem Bernauer Tal zeigen („Schwarzwaldlandschaft“ 1884, „Mein Heimattal“ 1918)⁶ sowie Postkartenvergleiche (z. B. aus dem Menzenschwander Tal aus dem 1920er Jahren, Bode 2005).⁷

Wir kennen Prof. Dr. Rainer Springhorn aus gemeinsamen Freiburger Studienzeiten und wissen um die Anziehungskraft, die für den Geowissenschaftler insbesondere die glazial überformten Schwarzwaldtäler haben. Wir widmen ihm diese kleine Arbeit in freundschaftlicher Verbundenheit und wünschen ihm und seiner Frau Anette weiterhin viele begeisternde Exkursionen.

METHODEN

Das Gesamtgebiet des Schwarzwald wurde untersucht, indem zunächst ca. 600 klassische pflanzensoziologische Aufnahmen durchgeführt wurden, um die Pflanzengesellschaften und Bestandestypen zu charakterisieren.⁸ Danach erfolgte die Auswahl von ca. 200 relativ homogenen Fließgewässer-Abschnitten, verteilt über den gesamten Schwarzwald (Abb. 1), jeweils mit einer Länge von 150–200 m.

¹ TÜXEN, R., Versuch einer Sigma-Syntaxonomie mitteleuropäischer Flusstal-Gesellschaften, in: TÜXEN, R. (Hg.), Assoziationskomplexe (Sigmeten) und ihre praktische Anwendung, Berichte Int. Symposien der Int. Ver. für Vegetationskunde, Vaduz 1977, 287–302; ASMUS, U., Die Vegetation der Fließgewässerränder im Einzugsbereich der Regnitz, in: Hoppea 45 (1987), 23–276; SCHWABE, A., Fluß- und bachbegleitende Pflanzengesellschaften und Vegetationskomplexe im Schwarzwald (Dissertationes botanicae; 102), Berlin/Stuttgart 1987; DIESELBE, Vegetation complexes of flowing-water habitats and their importance for the differentiation of landscape units, in: Landscape Ecology 2 (1989), 237–253; DIESELBE, Spontane Vegetation im Bereich städtischer Fluß- und Bachabschnitte, gezeigt an Beispielen aus Südwestdeutschland, in: Braun-Blanquetia 3 (1989), 107–120; DIESELBE, Sigmachorology as a subject of phytosociological research, in: Phytocoenologia 27 (1997), 463–507.

² TÜXEN 1977; WILMANN, O./TÜXEN, R., Sigmaassoziationen des Kaiserstühler Rebgebietes vor und nach Großflurbereinigungen, in: TÜXEN 1977, 287–302.

³ KRATOCHWIL, A./SCHWABE, A., Ökologie der Lebensgemeinschaften (UTB Große Reihe), Stuttgart 2001.

⁴ SCHWABE 1987.

⁵ KRIMM, K., Historische Kohlholznutzung, Standort und natürliche Waldvegetation im Raum Menzenschwand, Südschwarzwald. Staatsexamensarbeit Universität Freiburg i. Br., Fakultät für Biologie, Freiburg 2009.

⁶ HOFSTÄTTER, H. H., Hans Thoma. Lebensbilder. Gemäldeausstellung zum 150. Geburtstag, Freiburg 1989.

⁷ BODE, F., Subrezenter Vegetations- und Landschaftswandel im Südschwarzwald. Diss. Universität Freiburg i. Br., Freiburg 2005.

⁸ SCHWABE 1987.

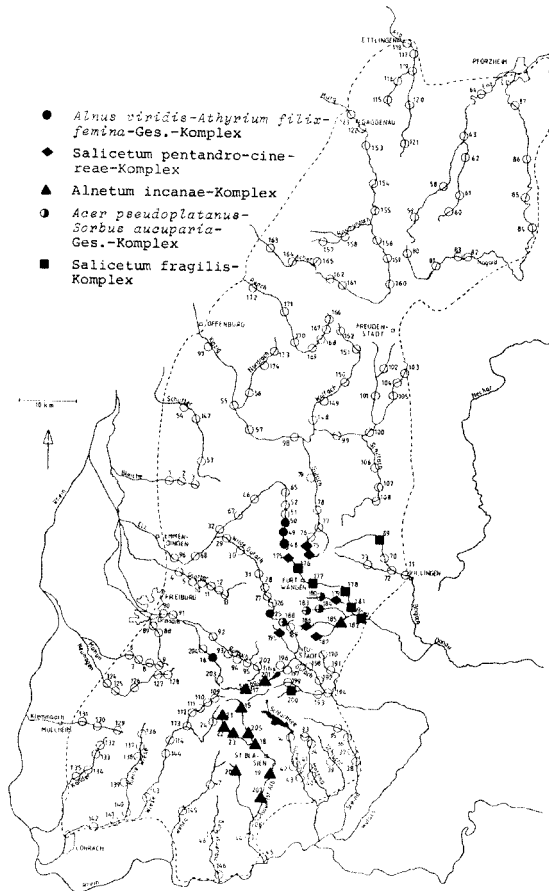


Abb. 1: Karte der Verteilung der 205 Untersuchungsflächen und Verbreitung einer Komplexgruppe als Beispiel: Komplexgruppe der lokalklimatisch kühlen, zumeist winterkalten Standorte. Gestrichelt: naturräumliche Schwarzwaldgrenze (nach Schwabe 1987).

Die Aufnahmeflächen umfassten jeweils das Fließgewässer und die randlichen periodisch überfluteten Bereiche. Die Deckung der einzelnen Pflanzengesellschaften bzw. Bestandestypen (einschließlich fragmentarischer Bestände) wurde mit einer 6-teiligen Skala geschätzt.⁹ In der klassischen Herangehensweise wurden die Aufnahmen in einer Gesamttabelle zusammengestellt und nach Charakter- und Differentialgesellschaften geordnet. Daraus konnten nach der Gesellschaftsähnlichkeit Vegetationskomplex-Typen bestimmt werden. Die Auswertung für die multivariate Gliederung erfolgte mit dem Programm PC-ORD 5.¹⁰ Als Grundlage dienten die transformierten Daten

⁹ WILMANN/TÜXEN 1977.

¹⁰ MCCUNE, B./MEFFORD, M. J., PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 4, Gleneden Beach/Oregon 1999.

der Braun-Blanquet-Skala. Da die Gradientenlänge 2 SD überschreitet, wurde eine Detrended Correspondence Analysis (DCA) durchgeführt.¹¹ Seltene Gesellschaften sind untergewichtet („downweighting rare communities“). Als sekundäre Matrix diente eine Tabelle mit den jeweiligen Höhenwerten (m ü. M.) der einzelnen Aufnahmeflächen. Diese Werte wurden in der DCA der Primärmatrix aufgelegt. Die Nomenklatur der Pflanzenarten richtet sich nach Oberdorfer,¹² die der Gesellschaften nach Schwabe und Oberdorfer.¹³

ERGEBNISSE KONVENTIONELLE GLIEDERUNG

Die aufbauenden Gesellschaften und Bestandestypen sind in der Reihenfolge der Originaltabelle bei Schwabe¹⁴ in Tab. 1 aufgeführt. Nach den charakterisierenden und differenzierenden Gesellschaften lassen sich insgesamt 15 Vegetationskomplexe ausscheiden. Tab. 2 stellt die gefundenen Komplextypen zusammen, die vier Komplexgruppen zugeordnet werden können. Letztere beschreiben Landschaftsausschnitte mit charakteristischer landschaftsökologischer Kennzeichnung und oft ähnlichem vegetationsstrukturellen Typ. Die jeweils aufbauenden Vegetationskomplexe pro Gruppe ersetzen sich z. B. hinsichtlich der Höhenlage oder anthropogener Einflüsse.

Ges1	Solidago gigantea bzw. canadensis-Best.	ChD1
Ges2	Mentha longifolia-Best.	ChD1
Ges3	Tanacetum-Convulvuletalia-Ges.	ChD1
Ges4	Saponaria-Convulvuletalia-Ges.	ChD1
Ges5	Arrhenatherion-Fragmentges.	ChD1
Ges6	Aster lanceolatus-Senecion fluviatilis-Ges.	ChD1
Ges7	Polygonum cuspidatum-Ges.	Ch2
Ges8	Quercu-Ulmetum	Ch4
Ges9	Stellario-Alnetum glutinosae	Ch5
Ges10	Carpinus-Fraxinus-Ges.	Ch6

¹¹ JONGMAN, R. H. G./TER BRAAK, C. J. V./VAN TONGEREN, O. F. R., Data Analysis in Community and Landscape Ecology, Wageningen 1987.

¹² OBERDORFER, E., Pflanzensoziologische Exkursionsflora, 8. Auflage, Stuttgart 2001.

¹³ SCHWABE 1987; OBERDORFER 2001.

¹⁴ SCHWABE 1987.

Ges11	Aceri-Fraxinetum	Ch7	Ges53	Caricetum fuscae, Parnassio-Caricetum fuscae
Ges12	Alnus viridis-Athyrium filix-femina-Ges.	Ch8	Ges54	Juncetum filiformi
Ges13	Salix x multinervis-Ges.	Ch9	Ges55	Ranunculus flammula-Agrostis canina-Pionierflur
Ges14	Salicetum pentandro-cinereae	Ch9	Ges56	Epilobio-Juncetum effusi
Ges15	Alnetum incanae	Ch10	Ges57	Caricetum rostratae
Ges16	Carduus personata-Ges.	D10	Ges58	Carex panicea-Molinietalia-Ges.
Ges17	Rosa pendulina-Lonicera nigra-Ges.	D10	Ges59	Juncus bulbosus-Ges.
Ges18	Acer pseudoplatanus-Sorbus aucuparia-Ges.	Ch11	D Ges. d. Gewässer m. geringer Fließgeschwindigkeit	
Ges19	Salicetum fragilis	Ch12	Ges60	Scirpetum sylvatici
Ges20	Abieti-Fagetum	Ch13	Ges61	Glycerietum fluitantis, Typische Ausb.
Ges21	Luzulo-Abietetum	Ch14	Ges62	Glycerietum fl.- Veronica beccabunga-Fazies
Ges22	Potytrichum commune-Polster	D14	Ges63	Veronica beccabunga-Flecken
Ges23	Sphagnum squarrosum-Polster	D14	Ges64	Cardamine amara-Stellaria uliginosa-Ges.
Ges24	Galio-Abietetum	Ch15	Ges65	Montienion-Frgmt.ges.
Höhendiff.gesellschaften: submontane (montane) Lagen				
Ges25	Impatiens glandulifera-Best.		Wasserpflanzenges. u. ausgewählte Wasser-Kryptogamer	
Ges26	Arrhenatheretum alopecuretosum		Ges66	Fontinalis antipyretica-Vork. (Wasser-Laubmoos)
Ges27	Lythrum salicaria-Best.		Ges67	Lemanea spec.-Vorkommen (Rotalge)
Ges28	Humulus lupulus-Sambucus nigra-Ges.		Ges68	Fontinalis squamosa-Vork. (Wasser-Laubmoos)
Ges29	Convolvulo-Epilobietum hirsuli		Ges69	Callitriche hamulata, spec.-Best.
Ges30	Senecioni-Brometum racemosi		Ges70	Ranunculetum fluitantis
Ges31	Rubus caesius-Gesträuch		Ges71	Ranunculus pellatus-Best.
Ges32	Iris pseudacorus-Best.		Ges72	Ran.trichophyllus-Best.
Höhendiff.gesellschaften montane (hochmont. Lagen)				
Krautige-, Graminoiden-reiche Ges., Best.				
Ges33	Chaerophyllo-Ranunculetum aconitifolii		Ges73	Ran. penicillatus-Hybridkomplex
Ges34	Knautia dipsacifolia-Aegopodion-Ges.		Pionierfluren nährstoffreicherer Standorte	
Ges35	Athyrium filix-femina bzw. distentifolium-Best.		Ges74	Agrostis prorepens-Ges.
Ges36	Caltha palustris-Best.		Ges75	Equisetum arvense-Best.
Ges37	Stachyo-Impatientetum noli-tangere		Ges76	Polygonum hydropiper-Ges.
Ges38	Senecio ovatus bzw. hercynicus-Best.		Ges77	Rorippo-Agrostietum prorepentis
Ges39	Epilobium angustifolium- Best.		Ges78	Agropyro-Rorippetum austriacae
Ges40	Petasites albus-Best.		Sonstige stete Hochstauden- und Röhrichtges.	
Ges41	Adenostyles alliariae-Athyrium filix-femina-Ges.		Ges79	Urtica-Convolvulus sepium-Ges., Urtica-Herden
Ges42	Luzula sylvatica-Ges.		Ges80	Filipendula ulmaria-Ges.
Ges43	Geranio- Trisetetum. feuchte Ausbildung		Ges81	Phalaridetum arundinaceae
Ges44	Chrysosplenietum oppositifolii		Ges82	Phalarido-Petasitetum hybridi
Gehölz- und Scheinstrauchges., Best.				
Ges45	Rubus idaeus-Vormantel		Sonstige Gehölz- und Scheinstrauchges., Best.	
Ges46	Corylus avellana-Gebüsch		Ges83	Rubus fruticosus agg.-Vormantel
Ges47	Sambuco-Salicion		Ges84	Salix purpurea-Ordnungsges.
Ges48	Reiner Lonicera nigra-Best.		Ges85	Salicetum triandrae, Salix viminalis-Ges.
Ges49	Piceo-Sorbetum aucupariae		Ges86	Viburnum opulus-Best.
Ges50	Reines Rosa pendulina-Gebüsch		Ges87	Salix cinerea-Best.
D Ges. d. Täler mit Versumpfg., Vermoorg. im östl. Schwarzwald				
Ges51	Equisetum sylvaticum-Ges.		Außerdem	
Ges52	Juncetum acutiflori		Ges88	Lysimachia vulgaris-Vork.
			Ges89	Mimulus guttatus-Vork.
			Ges90	Digitalis purpurea-Vork.
			Ges91	Impatiens parviflora-Vork.
			Ges92	Epilobio-Geranium robertianum
			Ges93	Angelico-Cirsietum oleracei

Tabella 1: Übersicht der aufbauenden Pflanzengesellschaften aller Komplexaufnahmen mit den charakterisierenden und differenzierenden Gesellschaften, Bestandestypen. Die Bezeichnungen Ch1, 2 usw. beziehen sich auf die Komplextypen von Tab. 2. Best. = Bestand, Ges. = Gesellschaft, Ch = Charaktergesellschaft, D = Differentialgesellschaft, Vork. = Vorkommen.

Komplexgruppe 1 (ausgebaute und anthropogen gestörte Flussabschnitte)

1a	Tanacetum-Convolvuletalia-Ges.-Komplex	Typ. Subkomplex
1b	Tanacetum-Convolvuletalia-Ges.-Komplex	Stellario-Alnetum-Subkomplex
1c	Tanacetum-Convolvuletalia-Ges.-Komplex	Fraxinus-Carpinus-Ges.-Subkomplex
2a	Polygonum cuspidatum-Ges.-Komplex	Typ. Subkomplex
2b	Polygonum cuspidatum-Ges.-Komplex	Stellario-Alnetum-Subkomplex
3	Gehölzfreier (-armer) Urtica-Filipendula-Ges.-Komplex	

Komplexgruppe 2 (Auen-Galeriewälder wintermilderer Lagen)

4	Quercu-Ulmetum-Komplex	
5a1	Stellario-Alnetum glutinosae-Komplex	submontane Form
5a2	Stellario-Alnetum glutinosae-Komplex	montane Form

Komplexgruppe 3 (Waldtäler und Steilhang-Standorte)

6a	Carpinus-Fraxinus-Ges.-Komplex	Stellario-Alnetum-Subkomplex
6b	Carpinus-Fraxinus-Ges.-Komplex	Typischer Subkomplex
7a	Aceri-Fraxinetum-Komplex	Stellario-Alnetum-Subkomplex
7b	Aceri-Fraxinetum-Komplex	Carpinus-Fraxinus-Ges.-Subkomplex
7c	Aceri-Fraxinetum-Komplex	Typischer Subkomplex
7d	Aceri-Fraxinetum-Komplex	Alnus viridis-Athyrium filix-femina-Ges.-Subkomplex

13 Abieti-Fagetum-Komplex

14 Luzulo-Abietetum-Komplex

15 Galio-Abietetum-Komplex

Komplexgruppe 4 (lokal klimatisch kühle, winterkalte Standorte)

8	Alnus viridis-Athyrium filix-femina-Ges.-Komplex
9	Salicetum pentandro-cinereae-Komplex
10	Alnetum incanae-Komplex
11	Acer pseudoplatanus-Sorbus aucuparia-Ges.-Komplex
12	Salicetum fragilis-Komplex

Im Folgenden seien die Komplexgruppen kurz charakterisiert:

AUSGEBAUTE UND ANTHROPOGEN GESTÖRTE FLUSSABSCHNITTE (GRUPPE 1)

Der *Tanacetum-Convolvuletalia*-Ges.-Komplex tritt an ausgebauten Gehölz-freien Flussabschnitten auf, z. B. von Murg, Rench, Kinzig, Elz, und wird durch ruderal getönte Gesellschaften (Ges. 1–6) gekennzeichnet (Abb. 2). Vor allem bei starkem Steinverbau der Ufer tritt der *Polygonum cuspidatum*-Komplex auf mit Monodominanz des Japanknöterichs. Die gesamte Gruppe ist besonders reich an Neophyten.



Abb. 2: Beispiel für einen Flussabschnitt in anthropogen gestörten Gebieten: *Tanacetum-Convolvuletalia*-Ges.-Komplex. Vorn: Rohrglanzgras-Röhricht (*Phalaridetum arundinaceae*) und der Neophyt Indisches Springkraut (*Impatiens glandulifera*). Elz/Buchholz, 230 m ü. M., Oktober 1989.

Tabelle 2: Komplextypen, entwickelt aus der konventionellen Gliederung von 205 Aufnahmen (nach Schwabe 1987).

AUEN-GALERIEWÄLDER WINTER- MILDER LAGEN (GRUPPE 2)

Der nur an der Dreisam zwischen Freiburg und Zarten noch gut erhaltene *Quercu-Ulmetum*-Komplex markiert die natürliche Vegetation von den Beständen der Gruppe 1. Prägend sind im rhenanischen relativ wintermilden Gebiet die Galeriewälder des *Stellario-Alnetum-glutinosae*-Komplexes (Abb. 3). Bei geringerer Fließgeschwindigkeit wird die Wasservegetation durch *Callitriche hamulata*

und *Ranunculus peltatus* gekennzeichnet, an Ammonium-belasteten Stellen auch durch *Ranunculus fluitans*.¹⁵

WALDTÄLER UND STEILHANG-STANDORTE (GRUPPE 3)

Diese Gruppe ist für Kerbtäler, durch das Fließgewässer angeschnittene Prallhänge und Oberläufe im geschlossenen



Abb. 3: Beispiel für Auen-Galeriewälder wintermilderer Lagen: *Stellario-Alnetum*-Komplex im Talgrund des Prägbaches. August 2010.

¹⁵ MONSCHAU-DUDENHAUSEN, K., Wasserpflanzen als Belastungsindikatoren in Fließgewässern, dargestellt am Beispiel der Schwarzwaldflüsse Nagold und Alb (Veröffentlichungen Natursch. Landschaftspf. Baden-Württemberg, Beihefte; 28), Karlsruhe 1982.

Waldgürtel charakteristisch. Die zumeist schmalen Bäche mit hoher Fließgeschwindigkeit weisen nur eine Kryptogamen-Wasservegetation auf (z. B. mit der borstlichen Rotalge *Lemanea spec.*). Der *Carpinus-Fraxinus*-Ges.-Komplex (zumeist nur fragmentarisch entwickelt) baut Steilhang-Bestände in der submontanen Stufe auf und wird im montanen Bereich durch Schluchtwald-Bestände (oft Fragmente) des *Aceri-Fraxinetum*-Komplexes abgelöst.



Abb. 4: Beispiel für einen durch Abtragungsmaterial aus dem Buntsandstein geprägten Bachlauf im Bereich Raumünzach / Biberach nordöstlich der Hornisgrinde (Nordschwarzwald). Bezeichnend sind u. a. der Hainsimsen-Tannenwald (*Luzulo-Abietetum*) und die Gesellschaft der Wald-Hainsimse (*Luzula sylvatica*-Ges.). 840 m ü. M., August 1985.

Im Buntsandstein-Gebiet des Nordschwarzwaldes sind im *Luzulo-Abietetum*-Komplex besonders Polster der beiden azidophytischen Moose *Polytrichum commune* und *Sphagnum squarrosum* zusammen mit der *Luzula sylvatica*-Ges. kennzeichnend (Abb. 4).

GEHÖLZKOMPLEXE LOKALKLIMATISCH KÜHLER BZW. WINTERKALTER STANDORTE (GRUPPE 4)

Diese Gruppe ist durch das Fehlen von *Alnus glutinosa* charakterisiert; die Schwarzerle ist empfindlich gegenüber größerer Winterkälte und fehlt vor allem in den Kaltluft-Tälern im danubischen Gebiet und in glazial überformten Hochtälern des Flussgebietes der Hauensteiner Alb (Bernau, Menzenschwand, Glas-

hofsäge). In letzteren wird sie durch den *Alnetum incanae*-Komplex ersetzt (Abb. 5). Er besiedelt im Schwarzwald Fließgewässer mit mehr als 150 Frosttagen, die würmglazial überformt wurden und mächtige Schotterkörper von



Abb. 5: Beispiel für lokalklimatisch winterkalte Standorte: das dem Jubiläum so vertraute glazial überformte Bernauer Albtal mit dem bachbegleitenden Grauerlenwald (*Alnetum incanae*)-Vegetationskomplex im Talgrund, Blick vom Weg zur Krunkelbachhütte nach SW. Talgrund: 900 m ü. M., August 2010.

oft über 10 m haben.¹⁶ Besonders gut ist dieser Komplex im Hauensteiner Albtal zwischen St. Blasien und Glashofsäge bei relativ geringem Gefälle (etwa 2 %, Metz 1980)¹⁷ ausgeprägt (Abb. 6). An der Glashofsäge war einst ein würmeiszeitlicher Gletscher-Rückzugsstand, und es bildete sich hier eine Schotterterrasse. Zu dieser Gruppe gehören auch Vegetationskomplexe im danubischen Gebiet mit Versumpfungen (vor allem nach der Schneeschmelze), z. B. der *Salicetum pentandro-cinereae*-Komplex. In der Abb. 1 ist die Verbreitung der einzelnen Komplextypen im winterkalten Gebiet dargestellt.

MULTIVARIATE GLIEDERUNG

Die DCA der 205 Vegetationskomplex-Aufnahmen zeigt sowohl auf Achse 1 (0,41) als auch abgeschwächt auf Achse 2 (0,26) höhere Eigenwerte, so dass vor allem die Achse 1, in

¹⁶ TRENKLE, H./VON RUDLOFF, H., Das Klima im Schwarzwald, in: LIEHL, E./SICK, W. D. (Hg.), Der Schwarzwald, Bühl/Baden 1981; SCHREINER, A./WIMMENAUER, W., Geologische Karte von Baden-Württemberg 1:25.000. Erläuterungen zu Blatt 8114 Feldberg, Stuttgart 1981; SCHWABE,

A., Zur Soziologie *Alnus incana*-reicher Waldgesellschaften im Schwarzwald unter besonderer Berücksichtigung der Phänologie, in: Festband für E. Oberdorfer (Tuexenia; 5), Göttingen 1985, 413–446.

¹⁷ METZ, R., Geologische Landeskunde des Hotzenwaldes, Lahr/Schwarzwald 1980.



Abb. 6: *Alnetum incanae* an der Glashofsäge oberhalb St. Blasien mit herrschender Grauerle (*Alnus incana*). 790 m ü. M., August 2010.

Im oberen linken Teil der DCA befinden sich die Komplexe der winterkälteren Lagen, insbesondere die Typen 9–11 mit dem *Alnetum incanae*-Komplex (10). Die niedrig gelegenen *Alnetum incanae*-Komplex Aufnahmen unterhalb von St. Blasien sind nicht klar abgesetzt, da diese sehr licht, reicher an Ruderalgesellschaften und Störungen durch

geringerem Maße auch die Achse 2 aussagekräftig sind. Die Achse 3 mit einem nur geringen Eigenwert (0,17) betrachten wir nicht. Abb. 7a stellt die Flächen unter Angabe der klassischen Zuordnungen zu Vegetationskomplexen dar (s. o.), so dass unmittelbar sichtbar wird, wo die Zuordnungen divergieren. Achse 1 in Abb. 7a spannt sich zwischen den stark abgehobenen Beständen des *Tanacetum-Convulvulalia*-Ges.-Komplexes auf (äußerste rechte Seite) und den Waldtälern (Typen 7, 13, 14, 15, s. Tab. 2). Die „Auslierer“ P34 und P44 sind geprägt durch das Buntsandsteingebiet der oberen Rench und Raumünzach bei 700–800 m ü. M. mit den streng azidophytischen Gesellschaften 22, 23 (s. Abb. 4). Hier wird das Gewässer durch Sandsteinblöcke und Feinmaterial aus dem Buntsandstein geprägt. Der *Stellario-Alnetum*-Komplex ist zentral angeordnet, wobei die Aufnahmen aus dem (ehemals) danubischen Gebiet unterhalb 860 m ü. M. im oberen Teil der Mitte liegen, vermittelnd zu den Kaltlufttälern. Der oft nur an einer Gewässerseite am Prallhang entwickelte submontane *Carpinus-Fraxinus*-Ges.-Komplex verzahnt sich oft mit dem *Stellario-Alnetum*-Komplex (Subtyp 6a, Tab. 2). Die Aufnahmen konzentrieren sich im Ordinationsdiagramm auf die unteren mittleren Bereiche. Hier liegt auch die einzige Aufnahme des fast überall zerstörten *Quercus-Ulmetum*-Komplexes (P104). Nicht deutlich abgegrenzt ist der Neophyten-beherrschte *Polygonum cuspidatum*-Ges.-Komplex im Zentrum der Ordination, der einen Subtyp mit dem *Stellario-Alnetum* aufweist.

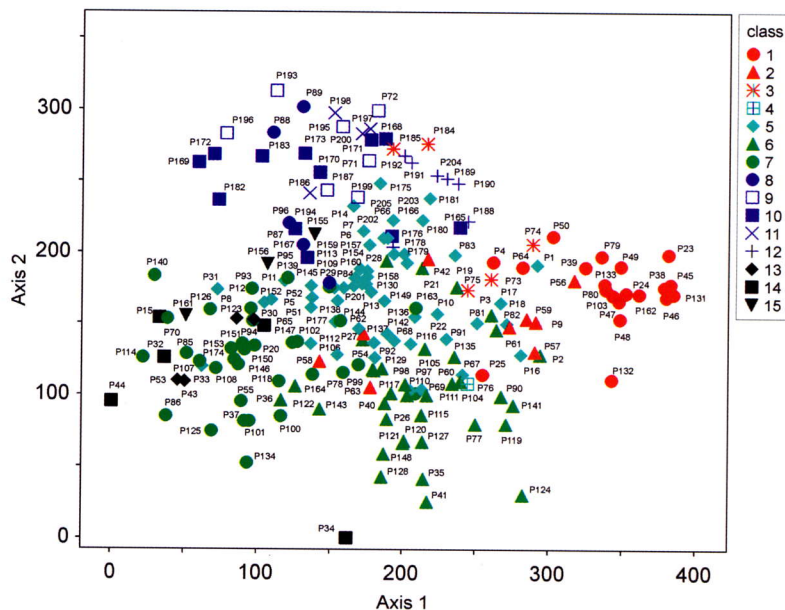


Abb. 7a: Detrended Correspondence Analysis (DCA) aller Vegetationskomplex-Aufnahmen (transformierte Braun-Blanquet Aufnahmen); Darstellung der Untersuchungsflächen; PC-Ord 5 (downweighting rare communities, rescale axes, number of segments: 26). Eigenwerte und Gradientenlängen (100 = 1 SD), Achse 1: 0,41; 3,8 SD; Achse 2: 0,26; 3,1 SD. 1–15, s. Tab. 2.

Uferbefestigungen sind (z. B. P165, 166). Der stark gestörte waldfreie *Urtica-Filipendula*-Komplex (Typ 3) ist sehr schlecht charakterisiert und befindet sich im Diagramm jeweils im rechten Bereich (z. B. bei den Kaltlufttälern, P184, 185), angegliedert an die ehemals dort vorhandene Vegetation. Auch in der klassischen Tabelle hat er keine Charakter- oder Differentialgesellschaften und ist nur negativ gekennzeichnet. Insgesamt sind die Komplextypen sowohl im Bereich der Kaltlufttäler als auch bei den Waldtälern nicht sehr gut voneinander differenziert, da viele krautige Gesellschaften durchgehend in allen Typen vorhanden sind und z. B. die Sonderstellung der Waldgesellschaften (z. T. mit biogeographischen Besonderheiten

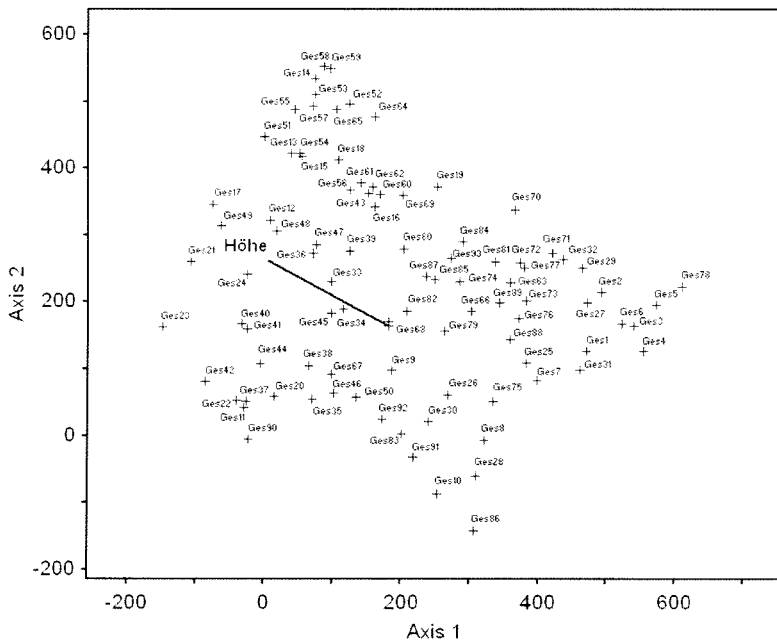


Abb. 7b: DCA: Darstellung und Verteilung der die Vegetationskomplexe aufbauenden Pflanzengesellschaften (s. Tab. 1) und Korrelation des Datensatzes mit der Höhenlage der Untersuchungsflächen (dargestellt als Vektor mit nach links oben zunehmender Meereshöhe); weitere Angaben identisch mit Abb. 7a.

wie im Falle des *Alnetum incanae* mit dem multivariaten Verfahren nicht herausgearbeitet wird.

Die Abb. 7b stellt mit derselben Datengrundlage wie Abb. 7a die Verteilung der Gesellschaften im Raum der DCA mit dem Höhengradienten dar. Der Höhengradient wird nach links oben (zunehmende Höhe) abgebildet. Die herausgearbeiteten kennzeichnenden Gesellschaften für Komplex 1 konzentrieren sich auf der rechten Seite der DCA, dazu treten Gesellschaften der submontan verbreiteten Offenlandstandorte (Ges. 27, 29, 31, 32, 78). Im Zentrum konzentrieren sich die *Alnus glutinosa*-Galeriewälder sowie die *Carpinus-Fraxinus*-Ges., die alle für wintermildere Lagen bezeichnend sind, dazu kommen in fast allen Typen (mit Ausnahme der Waldtäler) sehr häufige Gesellschaften wie das typische Fließgewässer-Röhricht (*Phalaridetum arundinaceae*, Ges. 81) vor, das im Zentrum rechts liegt (mit großer Bedeutung auch in den ausgebauten Flussabschnitten). Die Waldtäler links weisen eine Fülle krautige und strauchige montane Gesellschaften auf (Ges. 33–50) sowie

solche, die im Schatten/Halbschatten wachsen (Letzteres z. B. bei der *Luzula sylvatica*-Ges., Ges. 42, Abb. 4). Links oben im Diagramm konzentrieren sich die charakterisierenden Gesellschaften der Kaltluftgebiete sowie Versumpfung, Vermoorung anzeigende Gesellschaften (Silikat-Niedermoorgesellschaft: *Caricetum fuscae* u. a., Ges. 51–59).

DISKUSSION

Allgemein gibt es bisher kaum Arbeiten, die Ordinationen von Vegetationskomplex-Aufnahmen erarbeitet haben. Goetze¹⁸ wandte das Verfahren an, um Vegetationskomplexe von Talgebieten im Schwarzwald und Odenwald zu differenzieren. Bei den Hangwald-Komplexen ergaben sich enge Korrelationen mit der Hangexposition, den Gebieten, der Naturnähe und dem Feuchtegradienten; in den Grünlandkomplexen der Talsohle zeigte sich eine Korrelation mit dem Nährstoffgehalt der Böden, der Bodenfeuchte und der Bewirtschaftungsintensität. Schiller verglich Vegetationskomplexe biologisch und konventionell bewirtschafteter Äcker in einem West-Ost Transekt durch Süddeutschland.¹⁹ Hierbei gab es enge Beziehungen zur Höhenlage sowie zur Azidität / Basizität der Standorte. Schwabe & Kratochwil wandten das Verfahren für die Gliederung der inneralpinen Trockenrasen-Vegetationskomplexe an.²⁰ Es zeigte sich eine gute Reproduzierbarkeit der ausgeprägten Trockenheitsgradienten im Offenland. Auch hier wurden aber z. T. Komplexe mit biogeographischen Besonderheiten der Gesellschaften in spezifischen Regionen nicht durch die Ordination separiert (z. B. Wallis und Aostatal). Um die in der Einführung formulierten Fragen aufzugreifen, können für die Fließgewässer mit multivariaten

¹⁸ GOETZE, D., Zur Biodiversität von Landschaftsausschnitten. Erfassung und Analyse der -Diversität mit Hilfe von Vegetationskomplexen, in: Phytocoenologia 30 (2000), 1–129.

¹⁹ SCHILLER, L., Das Vegetationsmosaik von biologisch und konventionell bewirtschafteten Acker- und Grünlandflächen in verschiedenen Naturräumen Süddeutschlands (Dissertationes botanicae; 337), Berlin/Stuttgart 2000.

²⁰ KRATOCHWIL, A./SCHWABE, A., Festucetalia vaesiacae communities and xerothermic vegetation complexes in the Central Alps related to environmental factors, in: Phytocoenologia 34 (2004), 329–446.

Verfahren z. B. die Besonderheiten der Kaltluft-reichen glazial überformten Täler südlich des Feldbergs (Bernauer und Menzenschwander Albatal, Albatal bei St. Blasien) herausgearbeitet werden. Die Höhengradienten werden wie auch in den oben zitierten Arbeiten sehr gut wiedergegeben.

Die Achse 1 markiert von rechts nach links den Übergang von Offenlandstandorten über lichtere Galeriewälder zu „Waldtälern“. Gleichzeitig spiegelt dies auch den Grad zunehmender Natürlichkeit (Naturnähe, entsprechend Goetze)²¹ bzw. von links nach rechts zunehmender Ruderalisierung wider. Die Achse 2 markiert eine Höhen- und „Kaltluft-Achse“. Entsprechend verteilen sich auch die Gesellschaften im Ordinationsdiagramm, wobei besonders gut die Höhen-differenzierenden Gesellschaften submontan und montan und die Gesellschaften der Kaltlufttäler wiedergegeben sind.

Allgemein ist es für unser Modellsystem möglich, mit multivariaten Verfahren die großen Linien der Naturnähe-Gradienten, der Ruderalisierung, der Höhenlage und der Sonderstellung der Kaltlufttäler herauszuarbeiten. Die biogeographische Sonderstellung mancher Gesellschaften läßt sich jedoch wie auch bei Schwabe & Kratochwil²² nur mit konventionellen Methoden herausarbeiten, es sei denn man arbeitet sehr großräumig, z. B. im Rahmen eines gesamteuropäischen Vergleichs.

AUSBLICK

Mit Vegetationskomplexen lassen sich für die Fließgewässer und ihre Ufer sehr gut Grade der menschlichen Beein-

flussung, die Naturnähe sowie prägende Standortfaktoren wie z. B. Winterkälte herausarbeiten und zwar sowohl mit konventionellen Methoden als auch mit multivariaten Ansätzen. Es können somit Leitbilder z. B. für die Renaturierung von gestörten Fließgewässerabschnitten entwickelt werden. Hierzu liegen auch aus den Komplexaufnahmen generierte Gehölzlisten für die verschiedenen Wuchsgebiete vor, die als Grundlage für eine Bepflanzung dienen können (Schwabe 1986).²³ Die Diversität der Gesellschaften ist hier kein hilfreiches Merkmal, da insbesondere die ruderalisierten Bereiche besonders reich sind an verschiedenen ubiquistischen Beständen und die höchste Diversität haben, die jedoch unspezifisch ist. Auf der anderen Seite sind insbesondere naturnahe Bestände relativ arm an Gesellschaften, diese sind jedoch spezifisch.²⁴ Die multivariate Bearbeitung von Vegetationskomplex-Aufnahmen macht das Verfahren in höherem Maße objektivierbar und hilft z. B. typische Bestände zu identifizieren, die als Modelle dienen können. Die methodischen Ergebnisse dieser Studie können auf andere Gebiete übertragen werden, so z. B. zentraleuropäische Mittelgebirge.

DANKSAGUNG

Wir danken sehr herzlich Frau Ursula Leborg (Darmstadt) für die elektronische Aufbereitung der Daten als Grundlage für die Ordination.

²¹ GOETZE 2000.

²² KRATOCHWIL/SCHWABE 2004.

²³ SCHWABE, A., Naturnahe Vegetation als Grundlage für die Ufergestaltung von Fließgewässern (Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Umwelt Baden-Württemberg; 20), Stuttgart 1986.

²⁴ SCHWABE, A., Spontane Vegetation im Bereich städtischer Fluß- und Bachabschnitte, gezeigt an Beispielen aus Südwestdeutschland, in: Braun-Blanquetia 3 (1989), 107-120